植物營養與農產品品質

王鐘和　丘麗蓉

國立屏東科技大學農園生產系

摘要

植物從其生長環境之空氣、水及土壤中吸收生長所必需之營養元素。植物的必需營養元素一旦缺乏，其生長必受限制，組織發育不全，甚至破壞，因此病原菌容易入侵而罹病；或因生長組織內代謝受阻而產生某些低分子量的有機酸，引起昆蟲或地下害蟲之侵害及繁殖，導致病蟲害之發生；反之，植株生長健康，病害及蟲害自然減少。

農產品品質的定義因產品種類不同而異，概言之；包括產品的大小、外觀、氣味、食味，以及其所含特定成分的高低，例如：稻米之直鏈澱粉、粗蛋白質含量及凝膠展延性等。水果之糖、酸度及維生素 C 等。蔬菜之維生素 C 及硝酸態氮含量等。供產糖或產油作物之糖及脂肪含量。保健作物的保健成分等。另外農產品的儲藏性及加工品的品質也與其營養元素含量是否適宜有密切相關。

農田的土壤肥力迴異不一，不同作物對營養元素的需求量也不一，因此各個農田種植不同作物時所需的肥料種類與用量則大盡不相同。欲知如何施肥才能求得優質的農產品，則必須借助科學的方法進行土壤肥力、植株營養狀況與作物需肥量的診斷。

前言

動物要生存需要攝取營養分，瞭解各種食物所含之營養成份，規劃攝取均衡適當的飲食，可使人類獲得生存必需的營養分，也是維持身體健康之重要手段，定期健康檢查，明白身體的健康情形，適時針對察覺之毛病給予治療，更是保障健康之不二法門。同樣地，植物生

長也需要營養分，植物從其生長環境之空氣、水及土壤中吸收生長所需之營養分，瞭解上述環境因素之品質及供應營養分之能力，配合植體營養成分分析診斷，則是確保植物生育良好，獲得高產量及高品質農產品之必要手段。

植物營養

植物生長必需要吸收營養元素，截至目前爲止，大多數學者所確認的植物生長必需要的營養元素共計有:碳(C)、氫(H)、氧(O)、氮(N)、磷(P)、鉀(K)、鈣(Ca)、鎂(Mg)、硫(S)、鐵(Fe)、錳(Mn)、銅(Cu)、鋅(Zn)、鉬(Mo)、硼(B)、氯(Cl)等16種，其中碳、氫、氧來自空氣與水，其餘13種則來自土壤。充足且均衡的供應這些營養元素，才能使作物生長良好，獲得產量與品質均佳的農產品。因此，瞭解土壤供應作物生長所需營養元素之能力；也就是所謂的土壤肥力之狀況，以及作物對於營養元素之需要特性；及不同生育階段之各項營養元素之需要量，提供評斷作物營養元素含量是否恰當，協助我們決定肥料施用的種類、數量與方法，達到合理化施肥，節省肥料資源以及維持農業環境生態平衡之目標。

一、必需元素的定義

某種元素對植物生長是否爲必需元素(essential Element)，依據 Arnon 氏(1939)所下之定義必須符合與具有三種特性:

1. 必要性:如該元素欠缺時，植物之生長、繁殖之完整發育過程即受到阻礙，無法完成其生命週期。
2. 非代替性:因欠缺某元素而產生特有徵狀，必須添加該元素才能回復正常生育狀況。
3. 直接參與植物的代謝作用:該元素須爲植物代謝作用之直接成分，不是僅作爲其他有利因子之使用而間接

造成增產之外部因子。

另外有一些元素雖然不是作物生長所必需，但對特定作物生長有益，則被稱爲有益元素(beneficial Element)，例如矽(Si)可增強水稻植株的直立性與抗病蟲害能力；鈷(Co)可促成豆科作物根瘤的固氮作用；鈉(Na)爲耐鹽作物調節細胞滲透壓所必需；釩(V)可促進作物生長；鎳(Ni)爲尿素水解酵素所必需等。

二、必需元素的生理功能

每一必需元素在作物體內都有其特定且無法替代的生理功能，其功能包括以下四類:

(一)構成體質:如碳、氫、氧、氮、磷、硫，爲各類碳水化合物、核酸、蛋白質、脂肪等之組成分。

(二)爲酵素的組成分或催化酵素反應:如鉀、鈣、鎂、鐵、錳、銅、鋅、鉬。

(三)維持細胞的膨壓及電解質的平衡:如鉀、鈣、鎂氯。

(四)維持細胞膜的完整性或控制某些生理、生化反應的路徑等:如鈣、硼、氯。

以上 16 種必需元素，若依據作物正常生長所需之吸收量來區分，可分爲兩類：(1)大量元素：其中碳、氫、氧約佔作物乾物質之 90%左右，氮、磷、硫、鉀、鈣、鎂約佔作物乾物質之 1% ~ 10%之間。氮、磷、鉀三要素因爲作物之需要量較大，且土壤的有效含量常不夠作物生長所需，需施肥補充才能增產，故又稱爲肥料三要素，而鈣、鎂、硫需要量次之，稱爲次要元素，(2)微量元素：鐵、錳、銅、鋅、硼、鉬、氯則約佔一般乾物含量的 0.1 ppm ~ 2.0 ppm 之間。

三、營養與作物生產

不同養分狀況與作物生產之相關如圖一，其中幾個名詞意義如下：

(一)(deficient)：

當植物之必要元素含量低到嚴重限制其產量且有缺乏症狀可見時，稱為缺乏該養分，在極端缺乏時，可能造成植物的死亡。輕微及中等缺乏，症狀也許尚無法用肉眼看出，但是已經會降低作物產量。植物缺乏某一元素，有時不是絕對濃度低造成，而是其他具拮抗作用之元素含量太高所致。

(二)臨界範圍(critical range)：

當植物之必要元素含量低於此二濃度時，施用此養分可使產量提高，也就是產量可反應養分的施用，但 此時未必能看出該元 素之缺乏症狀。臨界範圍或臨界濃度依作物種類及養分種類而異，但是可知介於養分缺乏及養分充足(sufficiency)的過渡(transition)帶間。

(三)充足（sufficient)：

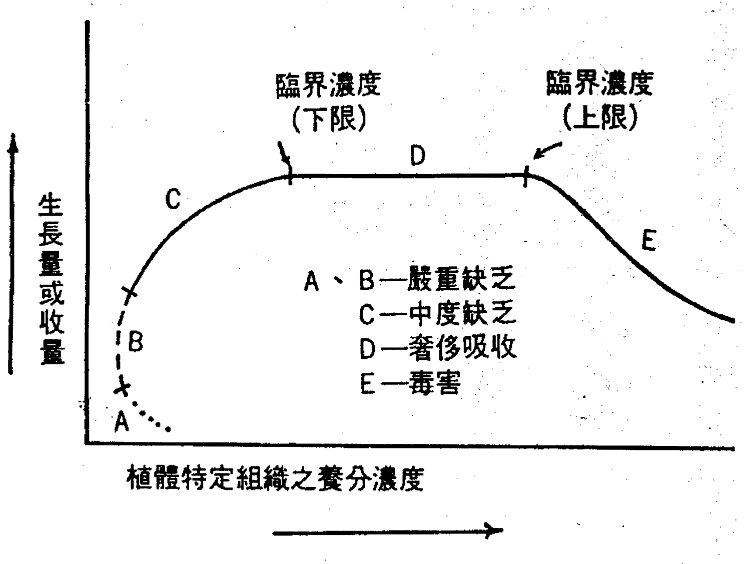
當植物之必要元素含量在充足範圍時，再增加施用養分時，雖然植物養分濃度持續提高，但其產量則不再增加。在這種吸收養分而不反映到增加產量的現象常稱為奢侈消耗（luxury consumption)，而此養分含量範圍也有人稱為奢侈濃度（luxury concentration)。

(四)過量或毒害（excessive or toxic)：

當植物之必要元素或其他元素含量(吸收非植物必要之元素)高到足以降低其產量時，稱為過量或毒害現象。某一養分含量過量時造成其他必要元素的不平衡而造成減產。有些元素在低濃度

就可能造成對植物之毒害，如重金屬(銅、鎘)或某些微量要素(硼、鉬)。

圖一顯示，在極度缺乏的狀況下，植物生長量特別低，此時提供該養分時，植物產量快速增加，其速度高過植物體中養分的累積，因此植物養分含量反而有下降之趨勢，此現象稱 Steenberg 效應，其成因由於植物乾物重增加快而造成稀釋效應。植物養分之缺乏在一般狀況下，施用該養分後促進產量之提高，該養分之含量亦相對提高。繼續提高養分供應量到臨界濃度前，每增加一份養分所提高產量之效益最高，當養分含量已在充足範圍內，再增加養分供給量其產量不再繼續提高，此時植物養分含量仍繼續因養分供應量提高，故稱爲奢侈消耗。若再繼續增加該養分之供應量，則可能達毒害現象致產量降低，其原因可能因某種養分濃度高而與其他養分造成競爭，使得其他養分的吸收量低於臨界範圍，或已經造成鹽害所致。



圖一　植體養分濃度與生長量或收量之關係

四、營養失衡的原因

(一)要素缺乏之原因

1.自然因素：

特殊的地形、母岩及氣候條件形成之土壤，例如：強酸性土壤，因土壤中鹽基淋洗流失常導致鈣、鎂及銅等元素缺乏。石灰性 pH 高之土壤則易有鐵、錳、鋅等要素缺乏之現象。

2.施肥不當：

過量施用肥料，因元素間之拮抗作用易形成缺乏之情形。

(二)要素過量之原因

1.自然因素：

強酸性土壤易發生鐵錳要素過量之情形。

2.施肥過量：

大量要素累積形成鹽害，土壤中易累積多量之營養元素，尤其是設施栽培缺乏雨水淋洗，。

農產品品質

農產品品質的定義因產品種類不同而異，一般而言包括產品的大小、外觀、氣味、食味及礦物質含量，以及其所含特定成分的高低。例如：水果之糖、酸度及維生素 C 等，蔬菜之維生素 C 及硝酸態氮含量，產糖或產油作物之糖及脂肪含量，保健作物的保健成分等，儲藏性及加工的品質。宋勳等（1991）亦指出判定稻米品質的項目有（1）碾米品質：包括糙米率、白米率及完整米率，其值愈高愈好。（2）白米外觀：包括透明度及心腹白，其值愈低愈好。（3）食用與烹調品質：直鏈澱粉及粗蛋白質含量愈低，凝膠展延性愈高。以上性質均會受栽培與營養管理的影響。邱建忠（2003）指出肥料爲作物生長所必需，施肥不僅會改變植物營養成分，亦可能影響作物的物理性狀和二次代謝產物的合成，進而影響作物病害之發生、傳播及族群發展。因此施肥應一併考慮病害防治，方能達到增產及提昇品質的目的。

一、營養與產品品質

(一) 氮營養

氮缺乏時植株葉片由下而上枯萎，植株生長不良（王銀波，1985；連深，1981）。缺氮影響產品品質，例如產品中蛋白質含量下降，維生素和必需胺基酸含量也都降低（何念祖及孟賜福，1987）。氮肥增加，可使洋蔥鱗莖內氮含量增加，澱粉及還原糖減少，硬度下降。貯藏期間易造成腐敗及萌芽之現象（郭孚燿，1982）。甜菜接近收穫期時，施高量氮肥，則其根部糖含量降低，而氨基化合物及無機元素含量較高（Forster, 1970）。柑橘氮肥過多，果皮厚、糖度低，著色延遲，不耐貯藏（張淑賢，1993）。

(二) 磷營養

磷缺乏時水稻和小麥的分櫱數減少、穗小粒少，空殼率高。玉米穗頂子粒不稔。油菜籽粒不飽滿，搾油率低。（何念祖及孟賜福，1987）。磷過多則減少作物對鋅、鐵、錳和矽的吸收，影響產量及品質。水稻抽穗不整齊，空殼率提高。豆科作物籽粒

蛋白質含量降低。葉用蔬菜纖維增多。煙草的燃燒性變差（何念祖及孟賜福，1987）。Pätzold 及 Dambroth（1964）報告亦提出磷肥施用量高，可減少馬鈴薯塊莖機械傷害率。製成麥芽之大麥，需蛋白質含量低及澱粉含量高。高量磷、鉀肥的供應可提高品質，氮肥過高則品質降低（Schildbach, 1972）。

（三）鉀營養

鉀缺乏時葉片葉尖和邊緣先是變黃，進而變褐，漸次枯萎，並在葉片上出現褐色斑點，許多斑點連接而成斑塊（何念祖及孟賜福，1987）。鳳梨、香蕉及甘藍嚴重時有壞疽現象（王銀波，1985）。水稻葉面會出現胡麻葉斑病的病斑（連，1981）。另外，鉀缺乏時小麥易感染根腐病，麥穗發育差。玉米果穗頂部子粒不稔，植株易倒伏（何念祖及孟賜福，1987）。Penningsfeld and Kurzman（1966/67）報導鉀及磷肥供應不足，導致蘋果、梨、梅、櫻桃及葡萄，糖度和酸度降低，口感差。

故鉀營養對產品影響甚大，前人之報告尚有：鉀肥施用量高，則檸檬酸、嵌合鐵及氯原酸含量高（Macklon and Dekock, ,1967），減少馬鈴薯塊莖黑化症（Mulder,1956；Vertregt,1968）。高量鉀肥供應，增加甜菜根糖含量（Trocmé and Barbier, 1966），樹薯高量鉀肥供應，澱粉含量增加，且有毒氰化物含量降低（Obigbesa, 1973）。Primost（1968）、Schäfer 和 Siebold（1972）亦報導栽培小麥足量鉀素及後期氮素的供應，對烘焙品質的提昇是有益的。

增加鉀肥的用量，蕃茄及胡蘿蔔之維他命 C 含量增加（Scharrer and Werner, 1957），但高氮肥施用則導致負效應（Penningsfeld and Forchthammer , 1961）。

（四）鈣、鎂營養

鈣缺乏時生長停滯，幼葉捲曲，發黃逐漸壞死，乾枯，嚴重影響生長及品質。豆科植物根瘤形成受抑制，果實易腐爛，莢果空殼。落花生空莢等（王銀波，1985；連深，1981）。何念祖及孟賜福（1987）亦指出作物缺鈣引起之疾病有：蘋果之苦

陷病，芹菜之黑心病和莖裂病，辣椒、蕃茄之蒂腐病，草莓、甘藍、萵苣之焦葉病，馬鈴薯之塊莖上附生小塊莖及亞麻頂部凋萎。鎂缺乏則導致葉綠素形成受阻，葉片光合作用降低，光合成產物明顯不足，嚴重影響產品產量及品質。

（五）微量元素營養

鐵缺乏時造成番茄頂部葉片葉脈間黃化，最後葉片由黃色、乳白色變成漂白色至壞死，果實呈現綠色，果實成熟時爲橙色而非紅色（何念祖及孟賜福，1987）。錳缺乏症狀有葉片呈現污染的顏色，葉緣黃化或出現褐色斑點。燕麥灰斑病下葉葉脈間灰色斑點，甜菜黃斑病、豌豆濕地病均是（王銀波，1985）。豌豆、蠶豆、蔓菜豆、四季豆，成熟時，種子會出現壞死，並在子葉內表面出現凹陷處。豌豆的染斑病、燕麥灰斑病、甜菜黃斑病亦屬之（何念祖及孟賜福，1987）。
錳過剩造成蘋果葉片表皮凸出，俗稱象皮病。溫州蜜柑，葉綠褐色斑點出現，嚴重時，葉片由葉端與葉柄連接處在不應落葉的時間脫落，俗稱異常落葉。水稻錳過多症狀爲初期分蘗延遲，部分出現褐變（王銀波，1985）。銅缺乏造成穀類作物抽穗少，結實不良。蠶豆生長點死亡，花不育、不結籽。蘋果、柑桔、桃樹等，果實小而硬。菊花不開花或花期顯著延遲（何念祖及孟賜福，1987）。

銅過剩導致作物生長受到嚴重抑制，鐵的吸收減少，葉片黃化；根系生長受阻，側根和根毛數量減少（何念祖及孟賜福，1987）。

鋅缺乏症狀有落葉果樹之小葉病，柑橘之斑點病，玉米之白芽病等（王銀波，1985）。水稻的新葉基部失綠白化，葉型細小，有時心葉也白化，老葉出現失綠黃化或白化條紋，中肋兩邊生有褐色條斑。植株矮小，葉間距縮短，分蘗減少，根系細弱，白根少，抽穗延遲，甚至不抽穗（連深，1981；何念祖及孟賜福，1987）。鋅過剩影響洋蔥生長，超過 500 ppm 以上會發生在洋蔥球先端變粗變曲（王銀波，1985）。

鉬缺乏症狀，在果樹方面，柑桔類缺鉬會造成生理落果激烈，產量嚴重下降，果實的肥大或著色均不良，有時發生落果。甜橙及葡萄柚缺鉬形成黃斑病（何念祖及孟賜福，1987）。硼缺乏時，根之前端即頂芽生長點之伸長停止，進而枯死。續而側芽生長，不久先端亦枯死。植株變矮，葉叢生柄及莖微裂，不開花或開花不結果（即不稔性），根發育差，由縱切面觀之，其中心部分呈褐色，缺乏嚴重時，組織壞疽，並呈空洞。缺硼引起菜用甜菜的潰瘍病，及糖用甜菜的心腐病。果實不充實：如大、小麥空殼和不稔，油菜空莢，花生空果。

硼缺乏造成果實發育不良，如蘋果縮果病和乾斑病，柑桔硬果病。果實小而畸形，木質化，果汁少，如番茄、草莓、蘋果、楊梅等（何念祖及孟賜福，1987）。椪柑果實畸形、皮厚、果肉堅硬無汁，如石頭（張淑賢，1993）。另外；尚有葡萄、蘋果之縮果病、葡萄之不稔，油菜之不開花或開花不結果等（王銀波，1985）。反之；硼過剩導致大麥的葉片及葉鞘上發生褐色條斑。棉花之下部老葉出現褐斑，嚴重時斑塊連片，葉片枯萎脫離，甚至全株死亡（何念祖及孟賜福，1987）。

結語

國內作物需肥診斷服務實施情形以往已完成應用土壤速測進行水稻、玉米、甘蔗、花生、大豆等作物之磷、鉀需肥診斷試驗，推薦合理的施肥量。並於各試驗改良場所成立土壤速測站，服務農民，近年亦已完成果樹及茶樹等高經濟作物之土壤與葉片營養診斷技術的建立與應用服務。農業試驗所與各區農業改良場聯合成立土壤及作物營養診斷服務網，由各區農業改良場負責指導農民採送樣品及現場的施肥指導及複勘工作。並據以發展出之一套土壤及植體營養診斷與施肥推薦的電腦軟體，進行診斷施肥推薦之服務工作，針對我國主要經濟果樹：柑桔、葡萄、梨、桃、枇杷、楊桃、芒果、蓮霧、番荔枝及荔枝等十餘種，收集國內外之相關資料，指導農民施

行正確的採樣技術。並建立各種果樹之各種營養元素適宜濃度之暫行標準值，供以診斷各葉片要素濃度之豐缺程度。並據以診斷及推薦適宜合理的施肥。

土壤速測與植物營養診斷技術的應用，可顯著改進作物的合理化施肥技術，提升農產品的品質與產量，不但使得農民及消費者均得到直接的益處，也使我國農業更具競爭力，以因應加入 WTO 後，來自各國農產品之挑戰。此項工作的推展不僅使得作物栽培的肥培管理技術更加科學化合理化，更因而維護農地、作物及人類的健康，達到兼顧生產與生態維護，永續性農業發展的目標。今後應擴大宣導，鼓勵農民踴躍與農政單位配合，積極推展此項施肥診斷服務至各種重要經濟作物。

參考資料

1.王銀波。1985。植物營養學，23-53 頁。國立中興大學出版。台灣，台中。

2.王鐘和、林毓雯、黃維廷、張愛華。2001.12。永續農業專書第一輯(作物篇)－第三章－作物營養與土壤診斷技術。中華永續農業協會編印。p.104-117。

3.包伯度。1965。作物營養學，中國科學實業出版社出版。台灣，屏東。作物需肥診斷技術。1981。台灣省農業試驗所特刊第 13 號。

4.作物施肥手冊。1996。行政院農業委員會、臺灣省政府農林廳編印。

5.何念祖、孟賜福。1987。植物營養原理。上海科學技術出版社。p:407-429。

6.K.Mengel and E.A. Kirkby .1986.Principles of Plant Nutrition. Man Chang Book Co.